

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-92286
(P2003-92286A)

(43) 公開日 平成15年3月28日 (2003.3.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
H 0 1 L 21/3065		H 0 5 H 1/00	A 5 F 0 0 4
H 0 5 H 1/00		H 0 1 L 21/302	E

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2001-282970(P2001-282970)

(22) 出願日 平成13年9月18日 (2001.9.18)

(71) 出願人 000183369

住友精密工業株式会社
兵庫県尼崎市扶桑町1番10号

(72) 発明者 笠井 一夫

兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 住友精密工業株式会社内

(74) 代理人 100104662

弁理士 村上 智司

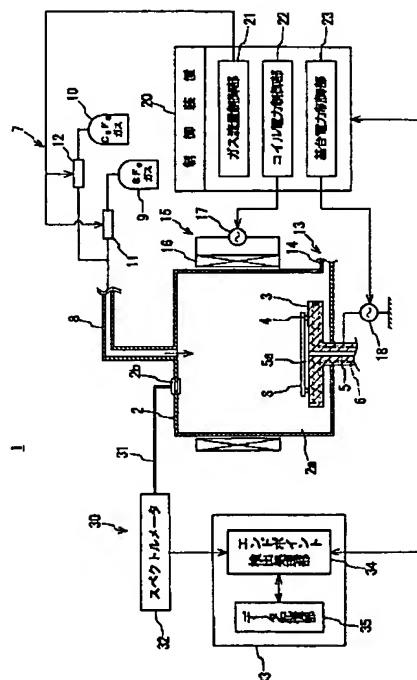
Fターム(参考) 5F004 AA16 BA20 BB18 BB25 BB32
CA02 CA03 CB09 CB15 DA00
DA01 DA03 DA16 DA18 DB01
EA05 FA08

(54) 【発明の名称】 プラズマエッチング終点検出方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】ガススイッチングエッチング法において、正確にエッチング終点を検出することができる終点検出方法及び装置を提供する。

【解決手段】チャンバ2内の特定反応種に対応した波長の光の発光強度を検出する発光強度検出手段31、32と、発光強度検出手段31、32によって検出されたエッチング工程中の発光強度データから、エッチング工程開始後一定時間内及びエッチング工程終了前一定時間内に得られた発光強度データを除いて、エッチング工程の中間時間帯に検出された発光強度データを抽出し、抽出した発光強度データが予め設定された基準値を越えたとき、エッチング終点であると判定するエッチング終点検出手段34とから構成される。エッチング進行状態を正確に反映している、エッチング工程の中間時間帯の発光強度データを基に判定することで、正確にエッチング終点を検出することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 プラズマ化された反応種によりシリコン基板上のエッチンググランドをエッチングする工程と、前記エッチングによって前記シリコン基板上に形成された構造面に保護膜を形成する工程との、少なくとも2つの工程を交互に繰り返して前記シリコン基板をエッチングするプラズマエッチング処理において前記エッチングの終点を検出する方法であって、前記エッチング工程中の特定反応種の発光強度データを取得し、

取得された発光強度データから、該エッチング工程開始後一定時間内及び該エッチング工程終了前一定時間内に得られた発光強度データを除いて、該エッチング工程の中間時間帯に取得された発光強度データを抽出し、抽出された発光強度データが予め設定された基準値を越えたとき、エッチング終点であると判定するようにしたことを特徴とするプラズマエッチング終点検出方法。

【請求項2】 前記抽出発光強度データが予め設定された回数連続して前記基準値を越えたとき、エッチング終点であると判定するようにしたことを特徴とする請求項1記載のプラズマエッチング終点検出方法。

【請求項3】 プラズマ化された反応種によりシリコン基板上のエッチンググランドをエッチングする工程と、前記エッチングによって前記シリコン基板上に形成された構造面に保護膜を形成する工程との、少なくとも2つの工程を交互に繰り返して前記シリコン基板をエッチングするプラズマエッチング処理において前記エッチングの終点を検出する方法であって、前記エッチング工程中の特定反応種の発光強度データを取得し、

取得された発光強度データから、該エッチング工程開始後一定時間内及び該エッチング工程終了前一定時間内に得られた発光強度データを除いて、該エッチング工程の中間時間帯に取得された発光強度データを抽出し、前記各エッチング工程について順次抽出される前記抽出発光強度データの変化量を算出し、算出された変化量が予め設定された基準値を越えたとき、エッチング終点であると判定するようにしたことを特徴とするプラズマエッチング終点検出方法。

【請求項4】 前記変化量が予め設定された回数連続して前記基準値を越えたとき、エッチング終点であると判定するようにしたことを特徴とする請求項3記載のプラズマエッチング終点検出方法。

【請求項5】 シリコン基板をチャンバ内に配置して、該チャンバ内でプラズマ化された反応種によりシリコン基板上のエッチンググランドをエッチングする工程と、前記エッチングによって前記シリコン基板上に形成された構造面に保護膜を形成する工程との、少なくとも2つの工程を交互に繰り返して前記シリコン基板をエッチングするプラズマエッチング処理において前記エッチング

の終点を検出する装置であって、

前記チャンバ内の特定反応種の発光強度を検出する発光強度検出手段と、

前記発光強度検出手段によって検出されたエッチング工程中の発光強度データから、該エッチング工程開始後一定時間内及び該エッチング工程終了前一定時間内に得られた発光強度データを除いて、該エッチング工程の中間時間帯に検出された発光強度データを抽出し、抽出した発光強度データが予め設定された基準値を越えたとき、エッチング終点であると判定するエッチング終点検出手段とから構成したことを特徴とするプラズマエッチング終点検出装置。

【請求項6】 エッチング終点検出手段を、前記抽出発光強度データが予め設定された回数連続して前記基準値を越えたとき、エッチング終点であると判定するように構成したことを特徴とする請求項5記載のプラズマエッチング終点検出装置。

【請求項7】 シリコン基板をチャンバ内に配置して、該チャンバ内でプラズマ化された反応種によりシリコン基板上のエッチンググランドをエッチングする工程と、前記エッチングによって前記シリコン基板上に形成された構造面に保護膜を形成する工程との、少なくとも2つの工程を交互に繰り返して前記シリコン基板をエッチングするプラズマエッチング処理において前記エッチングの終点を検出する装置であって、

前記チャンバ内の特定反応種の発光強度を検出する発光強度検出手段と、

前記発光強度検出手段によって検出されたエッチング工程中の発光強度データから、該エッチング工程開始後一定時間内及び該エッチング工程終了前一定時間内に得られた発光強度データを除いて、該エッチング工程の中間時間帯に検出された発光強度データを各エッチング工程について順次抽出するとともに、抽出した発光強度データの変化量を算出し、算出した変化量が予め設定された基準値を越えたとき、エッチング終点であると判定するエッチング終点検出手段とから構成したことを特徴とするプラズマエッチング終点検出装置。

【請求項8】 前記エッチング終点検出手段を、前記変化量が予め設定された回数連続して前記基準値を越えたとき、エッチング終点であると判定するように構成したことを特徴とする請求項7記載のプラズマエッチング終点検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマエッチング処理におけるエッチングの終点を検出する方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】エッチングガスをプラズマ化して生成されるラジカルやイオン等の反応種によりシリコン基板を

エッチングする方法において、そのエッチング終点を検出する方法として、従来、複数の反応種の中から選定された特定の反応種について、その反応種の発光強度を測定し、その変動からエッチング終点を検出するという方法が知られている。

【0003】例えば、エッチングガスとして SF_6 ガスを用いる場合、これをプラズマ化すると、反応種としてフラジカル（フッ素ラジカル）が生成されるが、エッチング終点に近づくとその消費量（エッチングに消費される量）が低下するため、プラズマ中のフラジカルの量が徐々に増加することとなる。したがって、プラズマ中のフラジカル量と相関のある当該フラジカルの発光強度の変動を観察し、これが所定のレベルを越えたとき、エッチング終点であると判定することができる。

【0004】一方、プラズマエッチング法としては、エッチングガスをプラズマ化して、シリコン基板上のエッチングランドをエッチングする工程と、保護膜形成ガスをプラズマ化して、前記エッチングによって前記シリコン基板上に形成された構造面に保護膜（耐エッチング性を有する膜）を形成する工程との、少なくとも2つの工程を交互に繰り返してシリコン基板をエッチングする方法（以下、このエッチング法を「ガススイッチングエッチング法」と称する）が知られている。

【0005】このガススイッチングエッチング法は、シリコン基板上に形成された構造面に保護膜を形成するようにしているので、等方性を有するフラジカルを用いたエッチングにおいても、前記保護膜によってアンダーエッチングを効果的に防止することができ、高いエッチレートで効率的にトレンチ（深い溝又は穴）を形成することができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところが、このガススイッチングエッチング法に、上記終点検出方法を適用した場合、以下に説明するような問題があった。

【0007】図6は、上記ガススイッチングエッチング法におけるフラジカルの発光強度を測定した結果を示すグラフであるが、同図6に示すように、上記ガススイッチングエッチング法では、エッチング工程におけるフラジカルの発光強度が一定ではなく、保護膜形成工程からエッチング工程に移行する初期段階と、エッチング工程から保護膜形成工程に移行する終期段階において発光強度にピークを生じる。

【0008】これは、例えばエッチングによって前記トレンチを形成する場合、エッチング工程に移行した前記初期段階では、前の保護膜形成工程でトレンチ底部に形成された保護膜が除去されるまで、フラジカルの消費が押えられ、前記終期段階では、エッチングによって生成されたガス（例えば SiF_4 ）がトレンチ底部に滞留して、フラジカルとの置換がうまく行われないうために起こる現象であると考えられる。特に、高アスペクト比のト

レンチエッチングにおけるトレンチの深さが深くなるほど、上記置換障害が大きくなる。

【0009】このように、前記初期段階及び終期段階において検出される発光強度は、当該エッチング工程における正確なエッチング進行状態を反映しておらず、したがって、エッチング工程中の発光強度のピーク値を採用したり、或いはその平均値を採用する手法では、当該エッチング工程における正確なエッチング進行状態を把握できないのである。このため、従来、エッチング不足や、逆に、過多のオーバエッチングによって所望の構造を得られないという問題を生じていた。

【0010】特に、図7に示す如き、シリコン酸化膜（ SiO_2 ）101が上層のシリコン層103と下層のシリコン層104との間に挟みこまれた構造のウエハ（SOI（Silicon on Insulator）ウエハ）100の前記上層シリコン層103を前記ガススイッチングエッチング法によってエッチングする場合、上層シリコン層103とシリコン酸化膜101との界面付近でのエッチング形状の制御が難しく、エッチングランドがシリコン酸化膜101に達した後、これをオーバエッチングし過ぎると、同図7に示すように、溝（又は穴）105の底部でその側面の保護膜が破られ、上層シリコン層103が異常形状にエッチングされるという問題を生じる。このため、SOIウエハのトレンチエッチングにおいては、そのエッチング時間の制御が極めて重要な問題となる。尚、図7中の符号104はマスクである。

【0011】本発明は以上の実情に鑑みなされたものであって、エッチング工程と保護膜形成工程とを繰り返すプラズマエッチング法において、正確にエッチング終点を検出することができる終点検出方法及び装置の提供を目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段及びその効果】上記課題を解決するための本発明の請求項1に記載した発明は、プラズマ化された反応種によりシリコン基板上のエッチングランドをエッチングする工程と、前記エッチングによって前記基板上に形成された構造面に保護膜を形成する工程との、少なくとも2つの工程を交互に繰り返して前記シリコン基板をエッチングするプラズマエッチング処理において前記エッチングの終点を検出する方法であって、前記エッチング工程中の特定反応種の発光強度データを取得し、取得された発光強度データから、該エッチング工程開始後一定時間内及び該エッチング工程終了前一定時間内に得られた発光強度データを除いて、該エッチング工程の中間時間帯に取得された発光強度データを抽出し、抽出された発光強度データが予め設定された基準値を越えたとき、エッチング終点であると判定するようにしたことを特徴とするプラズマエッチング終点検出方法に係る。

【0013】そして、かかるエッチング終点検出方法は、請求項5に記載した装置発明によって、これを好適に実施することができる。即ち、請求項5に記載した発明は、シリコン基板をチャンバ内に配置して、該チャンバ内でプラズマ化された反応種によりシリコン基板上のエッチンググランドをエッチングする工程と、前記エッチングによって前記基板上に形成された構造面に保護膜を形成する工程との、少なくとも2つの工程を交互に繰り返して前記シリコン基板をエッチングするプラズマエッチング処理において前記エッチングの終点を検出する装置であって、前記チャンバ内の特定反応種の発光強度を検出する発光強度検出手段と、前記発光強度検出手段によって検出されたエッチング工程中の発光強度データから、該エッチング工程開始後一定時間内及び該エッチング工程終了前一定時間内に得られた発光強度データを除いて、該エッチング工程の中間時間帯に検出された発光強度データを抽出し、抽出した発光強度データが予め設定された基準値を越えたとき、エッチング終点であると判定するエッチング終点検出手段とから構成したことを特徴とするプラズマエッチング終点検出装置に係る。

【0014】上述したように、エッチング工程と保護膜形成工程とを繰り返すプラズマエッチング法では、保護膜形成工程からエッチング工程に移行する初期段階、及びエッチング工程から保護膜形成工程に移行する終期段階において検出されるエッチング反応種に対応した波長の光の発光強度は、正確なエッチング進行状態を反映していない。

【0015】そこで、本発明では、取得された発光強度データから、当該エッチング工程開始後一定時間内（前記初期段階）及び該エッチング工程終了前一定時間内（前記終期段階）に得られた発光強度データを除いて、該エッチング工程の中間時間帯に取得された発光強度データを抽出し、即ち、エッチング進行状態を正確に反映している時間帯の発光強度データを抽出し、抽出された発光強度データが予め設定された基準値を越えたとき、エッチング終点であると判定するようにした。

【0016】これにより、エッチング終点を正確に検出することが可能となり、例えば、上記SOIウエハにおいても、高精度な形状のエッチング構造物を形成することが可能となる。

【0017】尚、前記エッチング終点の判定は、請求項2及び請求項6に記載した発明のように、前記抽出発光強度データが予め設定された回数連続して前記基準値を越えたとき、エッチング終点であると判定するようにするのが好ましい。1回のみ基準値を越えた場合にエッチング終点であると判定すると、前記抽出発光強度データにノイズが含まれている場合には、判定に誤りを生じる。上記のようにすれば、誤り無く正確な判定を行うことができる。

【0018】また、エッチング終点の判定手法として

は、上述したものに限られず、請求項3及び7に記載した発明のように、各エッチング工程について順次抽出される発光強度データの変化量を基に、エッチング終点を検出するようにしても良い。

【0019】即ち、請求項3に記載した発明は、プラズマ化された反応種によりシリコン基板上的エッチンググランドをエッチングする工程と、前記エッチングによって前記基板上に形成された構造面に保護膜を形成する工程との、少なくとも2つの工程を交互に繰り返して前記シリコン基板をエッチングするプラズマエッチング処理において前記エッチングの終点を検出する方法であって、前記エッチング工程中の特定反応種の発光強度データを取得し、取得された発光強度データから、該エッチング工程開始後一定時間内及び該エッチング工程終了前一定時間内に得られた発光強度データを除いて、該エッチング工程の中間時間帯に取得された発光強度データを抽出し、前記各エッチング工程について順次抽出される前記抽出発光強度データの変化量を算出し、算出された変化量が予め設定された基準値を越えたとき、エッチング終点であると判定するようにしたことを特徴とするプラズマエッチング終点検出方法に係る。

【0020】また、請求項7に記載した発明は、シリコン基板をチャンバ内に配置して、該チャンバ内でプラズマ化された反応種によりシリコン基板上的エッチンググランドをエッチングする工程と、前記エッチングによって前記基板上に形成された構造面に保護膜を形成する工程との、少なくとも2つの工程を交互に繰り返して前記シリコン基板をエッチングするプラズマエッチング処理において前記エッチングの終点を検出する装置であって、前記チャンバ内の特定反応種の発光強度を検出する発光強度検出手段と、前記発光強度検出手段によって検出されたエッチング工程中の発光強度データから、該エッチング工程開始後一定時間内及び該エッチング工程終了前一定時間内に得られた発光強度データを除いて、該エッチング工程の中間時間帯に検出された発光強度データを各エッチング工程について順次抽出するとともに、抽出した発光強度データの変化量を算出し、算出した変化量が予め設定された基準値を越えたとき、エッチング終点であると判定するエッチング終点検出手段とから構成したことを特徴とするプラズマエッチング終点検出装置に係る。

【0021】また、上記請求項2及び6記載の発明と同様に、上記請求項3及び7に記載の発明における前記エッチング終点の判定は、請求項4及び請求項8に記載した発明のように、前記抽出発光強度データが予め設定された回数連続して前記基準値を越えたとき、エッチング終点であると判定するようにするのが好ましい。

【0022】尚、本発明における前記プラズマエッチング処理は、エッチングガスをプラズマ化してシリコン基板をエッチングするエッチング工程と、保護膜形成ガス

をプラズマ化して、エッチングによってシリコン基板上に形成された構造面に保護膜を形成する保護膜形成工程とが交替的に繰り返されるガススイッチングエッチング法によるものであり、当該プラズマエッチング処理には、チャンバ内にエッチングガスと保護膜形成ガスを完全に切り換えて導入して、前記エッチング工程と保護膜形成工程とを繰り返し実施する処理の他、チャンバ内にエッチングガスと保護膜形成ガスを同時に導入し、その各導入量を増減させることで、主としてエッチングが進行する工程と、主として保護膜形成が進行する工程とが交替的に繰り返される処理も含まれる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明の具体的な実施形態について添付図面に基づき説明する。図1は、図1は本実施形態に係るエッチング装置の概略構成を一部ブロック図で示した断面図である。

【0024】図1に示すように、このエッチング装置1は、内部にエッチング室2aが形成された筐体状のエッチングチャンバ2と、前記エッチング室2a内の下部領域に配設され、被エッチング物たるシリコン基板Sが載置される基台3と、エッチング室2a内にエッチングガス及び保護膜形成ガスを供給するガス供給部7と、エッチング室2a内を減圧する減圧部13と、エッチング室2a内に供給されたエッチングガス及び保護膜形成ガスをプラズマ化するプラズマ生成部15と、前記基台に高周波電力を印加する高周波電源18と、これら各部の作動を制御する制御装置20と、エッチングの終点を検出する終点検出装置30とを備えている。

【0025】前記エッチングチャンバ2はセラミックから形成され、その天井部には、石英ガラスなどの透明体からなる覗き窓2bが設けられ、この覗き窓2bを通して外部からエッチング室2a内を観察することができるようになっている。

【0026】前記基台3上には、シリコン基板Sがリング4などのシール部材を介して載置される。この基台3はその基部3aがエッチング室2a外に導出されるように設けられており、その中心部には、基台3とシリコン基板Sとの間に形成された空間5aに通じる連通路5が設けられ、この連通路5を通して前記空間5a内にヘリウムガスが充填、封入され。また、基台3には冷却水循環路6が形成されており、この冷却水循環路6内を循環する冷却水(20℃)により、前記基台3及びヘリウムガスを介して、前記シリコン基板Sが冷却されるようになっている。また、この基台3には前記高周波電源18によって13.56MHzの高周波電力が印加されており、基台3及び基台3上に載置されたシリコン基板Sにバイアス電位を生じるようになっている。

【0027】前記ガス供給部7は、前記エッチングチャンバ2の上端部に接続されたガス供給管8と、このガス供給管8にそれぞれマスフローコントローラ11、12

を介して接続されたガスボンベ9、10とからなり、マスフローコントローラ11、12により流量調整されたガスがガスボンベ9、10からエッチング室2a内に供給される。尚、ガスボンベ9内にはエッチング用のSF₆ガスが充填され、ガスボンベ10内には保護膜形成用のC₅F₈ガスが充填されており、エッチングガスとしてはこの他にCF₄、CHF₃、C₄F₈、C₃F₈を用いることができ、保護膜形成ガスとしてはこの他のフロロカーボンガス(C_xF_y)を用いることができる。

【0028】前記減圧部13は、前記エッチングチャンバ2の下端部に接続された排気管14と、この排気管14に接続された図示しない真空ポンプとからなり、この真空ポンプ(図示せず)によって前記エッチング室2a内が所定の低圧(例えば10mTorr)に減圧される。

【0029】前記プラズマ生成部15は、前記エッチングチャンバ2の前記基台3より高い位置の外周に沿って配設されたコイル16と、このコイル16に13.56MHzの高周波電力を印加する高周波電源17とからなり、コイル16に高周波電力を印加することによりエッチング室2a内の空間に変動磁場が形成され、エッチング室2a内に供給されたガスがこの変動磁場によって誘起される電界によりプラズマ化される。

【0030】また、前記制御装置20は、前記マスフローコントローラ11、12を制御し、ガスボンベ9、10からエッチング室2a内に供給されるガス流量を図2(a)及び(b)に示す如く調整するガス流量制御手段21と、前記コイル16に印加される高周波電力を図2(c)に示す如く制御するコイル電力制御手段22と、前記基台3に印加される高周波電力を図2(d)に示す如く制御する基台電力制御手段23とからなる。

【0031】また、前記終点検出装置30は、一方端が前記覗き窓2bと対向し、同端部からエッチング室2a内の光を受光するように配設された光ファイバ31と、この光ファイバ31の他方端に接続し、光ファイバ31によって受光された光の発光強度を検出するスペクトルメータ32と、スペクトルメータ32によって検出された発光強度データを受信して、当該発光強度データを基にエッチングの終点を検出する処理装置33からなる。尚、前記スペクトルメータ32は、本例では、主たるエッチング反応種としてのフラジカル(フッ素ラジカル)(波長約704nm)の発光強度を検出するように設定されている。

【0032】また、前記処理装置33は、前記スペクトルメータ32によって検出された発光強度データを基に、図3及び図4に示した処理を行い、エッチングの終点を検出して、エッチング終了信号を前記制御装置20に送信するエンドポイント検出処理部34と、前記発光強度データなどを記憶するデータ記憶部35とからなる。尚、前記制御装置20からエンドポイント検出処理

部34には、エッチング処理開始信号や工程信号（現在の処理工程がエッチング工程であるのか保護膜形成工程であるのかの別を表す信号）が送信されるようになって

いる。
【0033】次に、以上の構成を備えたエッチング装置1の作用について説明する。

【0034】はじめに、シリコン基板Sをエッチングする態様について説明する。

【0035】まず、フォトリソグラフィなどを用いて所望形状のエッチングマスク（例えばレジスト膜やSiO₂膜など）をシリコン基板S上に形成した後、このシリコン基板Sをエッチングチャンバ2内に搬入し、リング4を介して基台3上に載置する。そして、この後、連通路5から空間5a内にヘリウムガスを充填、封入する。なお、冷却水循環路6内の冷却水は絶えず循環されている。

【0036】ついで、ガスボンベ9及び10からSF₆ガス及びC₅F₈ガスをそれぞれエッチング室2a内に供給するとともに、コイル16に高周波電力を印加し、基台3に高周波電力を印加する。

【0037】エッチング室2a内に供給されるSF₆ガスの流量は、図2(a)に示すように、V_{e2}からV_{e1}の範囲で矩形波状に変化し、また、C₅F₈ガスの流量は、図2(b)に示すように、V_{d2}からV_{d1}の範囲で矩形波状に変化し、且つSF₆ガスの位相とC₅F₈ガスの位相とが相互に逆になるようにガス流量制御手段21によってそれぞれ制御される。

【0038】また、コイル16に印加される高周波電力は、図2(c)に示すように、W_{c2}からW_{c1}の範囲で矩形波状に変化し、基台3に印加される高周波電力は、図2(d)に示すように、W_{p2}からW_{p1}の範囲で矩形波状に変化し、且つコイル16に印加される高周波電力の位相と基台3に印加される高周波電力の位相とが同相となるようにそれぞれコイル電力制御手段22、基台電力制御手段23によって制御される。

【0039】エッチング室2a内に供給されたSF₆ガス及びC₅F₈ガスは、コイル16によって生じた変動磁界内で、イオン、電子、フラジカルなどを含むプラズマとなり、プラズマはこの変動磁界の作用によって高密度に維持される。プラズマ中に存在するフラジカルはSiと化学的に反応して、シリコン基板SからSiを持ち去る、即ちシリコン基板Sをエッチングする働きをし、イオンは基台3及びシリコン基板Sに生じた自己バイアス電位により基台3及びシリコン基板Sに向けて加速され、シリコン基板Sに衝突してこれをエッチングする。斯くして、これらフラジカル及びイオンによってマスク開口部のシリコン基板S表面（エッチンググランド）がエッチングされ、所定幅及び深さの溝や穴が形成される。

【0040】一方、C₅F₈ガスはプラズマ中で重合物

を形成し、これが前記側面及び底面（エッチンググランド）に堆積してフッロカーボン膜を形成する働きをする。このフッロカーボン膜はフラジカルと反応せず、フラジカルに対する保護膜として作用し、この保護膜によってサイドエッチングやアンダーカットが防止される。

【0041】このように、SF₆ガス及びC₅F₈ガスを同時にエッチング室2a内に供給して得られるプラズマの存在下では、フラジカル及びイオン照射によるエッチングと、重合による保護膜の形成という相反する作用が同時に溝（又は穴）の底面及び側面上で進行する。詳細には、イオン照射の多い底面では、重合物の堆積よりもイオン照射による重合物の剥離の方がより強く作用して、フラジカル及びイオンによるエッチングが進行し易く、一方イオン照射の少ない側面では、イオン照射による重合物の剥離よりも重合物の堆積の方がより強く作用して、保護膜の形成が進行し易い。

【0042】以上のことを考慮して本実施形態においては、SF₆ガス及びC₅F₈ガスの流量、並びにコイル16に印加される高周波電力及び基台3に印加される高周波電力を、上述した如く図2に示すようにそれぞれ制御している。

【0043】具体的には、図2においてe（エッチング工程）で示す時間帯については、SF₆ガスの供給量をV_{e1}と多くし、C₅F₈ガスの供給量をV_{d2}と少なくするとともに、コイル16に印加される高周波電力をW_{c1}と高くし、基台3に印加される高周波電力をW_{p1}と高くしている。SF₆ガスの供給量を多くし、C₅F₈ガスの供給量を少なくし、コイル16に印加される高周波電力を高くすることにより、エッチングに必要なフラジカルやイオンを適量生成することができ、一方、重合物の生成をサイドエッチングやアンダーカットを防止することができる最低限の量に押さえることができる。また、基台3に印加される高周波電力を高くすることにより、イオン照射速度を高め、エッチング速度を高めることができる。

【0044】以上により、イオン照射の多いエッチンググランド（底面）については、重合物の堆積よりもイオン照射による重合物の剥離の方がかなり強く作用して、フラジカルやイオンによるエッチングが進行する一方、イオン照射の少ない側面では、イオン照射による重合物の剥離よりも重合物の堆積の方がより強く作用して、保護膜の形成が進行し、エッチングによって順次形成される側面がこの保護膜によって直ちに被覆される。

【0045】一方、図2においてd（保護膜形成工程）で示す時間帯については、SF₆ガスの供給量をV_{e2}と少なくし、C₅F₈ガスの供給量をV_{d1}と多くするとともに、コイル16に印加される高周波電力をW_{c2}と低くし、基台3に印加される高周波電力をW_{p2}と低くしている。SF₆ガスの供給量を少なくし、C₅F₈ガスの供給量を多くすることにより、保護膜形成に必要な

な重合物をより多く生成することができる一方、Fラジカルやイオンの生成を、エッチンググラウンドに堆積される重合物を剥離するのに必要な最低限の量に押さえることができる。また、基台3に印加される高周波電力を低くすることにより、エッチンググラウンドに堆積される重合物を剥離するのに必要な程度にイオン照射速度を遅くすることができ、溝側壁に堆積される保護膜がイオン照射によって剥離されるのを防止することができる。

【0046】以上により、エッチンググラウンド（底面）については、堆積される重合物をイオン照射によって剥離する程度にエッチングが抑制される一方、イオン照射の少ない側面では、より多くの重合物が堆積して、強固な保護膜が形成される。

【0047】斯くして、以上のe工程及びd工程を順次繰り返して実施することにより、主としてエッチングの進行する工程（エッチング工程）と、主として保護膜形成の進行する工程（保護膜形成工程）とが交替的に繰り返され、エッチングによって順次形成される側壁が保護膜によって直ちに被覆されるとともに、引き続いて実行される工程において、保護膜が更に強固に形成されるので、上述したサイドエッチングやアンダーカットを確実に防止することができ、これにより、内壁面が垂直であり且つその垂直方向の表面うねりが100nm以下であり、更に好ましくは40nm以下であるトレンチを、効率よくシリコン基板S上に形成することができる。

【0048】このような作用を奏するための前記SF₆ガスの流量V_{e1}は60～300sccmの範囲であるのが好ましく、流量V_{e2}は0～80sccmの範囲であるのが好ましい。尚、流量V_{e2}の範囲に0sccmを含めているのは、C₅F₈ガスをプラズマ化した際にもイオンが生成されるため、エッチンググラウンドに堆積される重合物の除去に必要なイオン量を、このC₅F₈ガスからもたらされるイオンで十分まかなうことができると考えられるからである。また、前記C₅F₈ガスの流量V_{d1}は50～260sccmの範囲であるのが好ましく、流量V_{d2}は0～150sccmの範囲であるのが好ましい。

【0049】また、コイル16に印加される高周波電力W_{e1}は800～3000Wの範囲であるのが好ましく、W_{e2}は600～2500Wの範囲であるのが好ましい。更に、基台3に印加される高周波電力W_{p1}は3～50Wの範囲であるのが好ましく、W_{p2}は5～15Wの範囲であるのが好ましい。

【0050】また、前記e工程の実施時間は3～45秒の範囲が好ましく、前記d工程の実施時間は3～30秒の範囲が好ましい。

【0051】このように、本例によれば、シリコン基板Sをエッチングして得られた溝又は穴側面の垂直方向の表面うねりを100nm以下、更に好ましくは40nm以下にすることができるので、半導体集積回路の高集積

化、高密度化を図ることができ、また、トレンチ・キャパシタとした場合には、その絶縁性が低下するのを防止することができ、更に、歯車を形成した場合には、その伝達損失を極力小さいものとすることができる。

【0052】次に、エッチングの終点を検出する態様について説明する。

【0053】上述したように、光ファイバ31を介してエッチング室2a内の光がスペクトルメータ32に受光され、主たるエッチング反応種としてのFラジカルの発光強度が検出される。

【0054】スペクトルメータ32によって検出された発光強度データは、逐次エンドポイント検出処理部34に送信され、当該エンドポイント検出処理部34において図3及び図4に示した処理が実行され、エッチング終点が検出される。

【0055】具体的には、エンドポイント検出処理部34は、前記制御装置20からエッチング処理を開始する信号を受信して、処理を開始し、スペクトルメータ32によって検出された発光強度データの当該スペクトルメータ32からの受信を開始する（ステップS1）。

【0056】次に、カウンタnをリセットした後（ステップS2）、前記制御装置20から受信される工程信号がエッチング工程であるか保護膜形成工程であるかを確認し（ステップS3）、エッチング工程である場合には、タイマをオンにして（ステップS4）、タイマの経過時間Tがt₁<T<t₂である間に、スペクトルメータ32から受信した発光強度データを前記データ記憶部35に格納する（ステップS5、S6、S7）。

【0057】前記時間t₂はタイマがタイムアップするまでの時間であり、この時間t₂及び前記時間t₁は、予め任意に設定され、前記データ記憶部35に格納されている。斯くして、図6に示すように、エッチング工程開始後一定時間（時間t₁の間）（エッチングの初期段階）、及びエッチング工程終了前一定時間（エッチング工程時間から前記時間t₂を差し引いた残りの時間）（エッチングの終期段階）を除いた、エッチング工程の中間時間帯における発光強度データが前記データ記憶部35に格納される。

【0058】そして、タイマがタイムアップすると（ステップS6）、エンドポイント検出処理部34は、次に、前記ステップS7で格納した発光強度データを前記データ記憶部35から読み出し（ステップS8）、読み出した発光強度データについてその平均値Iを算出した後（ステップS9）、算出した平均値Iが、予め設定された基準値Kを超えたかどうかを確認し（ステップS10）、平均値Iが基準値Kを超えていない場合には、前記ステップS3以降の処理を繰り返す。一方、平均値Iが基準値Kを超えている場合には、更に、前回の平均値Iが基準値Kを超えているかどうかを確認し（ステップS11）、前回の平均値Iが基準値Kを超えている場合

には前記カウンタ n を更新し(ステップS12)、前回の平均値 I が基準値 K を超えていない場合には、前記ステップS2以降の処理を繰り返す。尚、基準値 K は予め設定され、前記データ記憶部35内に格納されている。

【0059】次に、ステップS12において更新されたカウンタ n が予め設定された回数 N に達したかどうかを確認し(ステップS13)、カウンタ n が設定回数 N に達していない場合には、前記ステップS3以降の処理を繰り返す一方、設定回数 N に達した場合には、エッチングが終了していると判定して、前記制御装置20にエッチング終了信号を送信した後(ステップS14)、前記スペクトルメータ32からのデータの取り込みを終了して(ステップS15)、当該処理を終了する。

【0060】そして、前記制御装置20は、エンドポイント検出処理部34からエッチング終了信号を受信して、当該エッチング処理を終了する。

【0061】このように、本例の終点検出装置30によれば、エッチング工程開始後の一定時間、及びエッチング工程終了前の一定時間を除いた、エッチング工程の中間時間帯におけるFラジカルの発光強度データを基に、これが基準値 K を設定回数 N だけ連続して越えた場合に、エッチング終点であると判定される。

【0062】上述したように、エッチング工程と保護膜形成工程とを繰り返すプラズマエッチング法では、保護膜形成工程からエッチング工程に移行する初期段階、及びエッチング工程から保護膜形成工程に移行する終期段階において検出されるFラジカルに対応した波長の光の発光強度は、正確なエッチング進行状態を反映していないものとなっている。

【0063】本例の終点検出装置30では、スペクトルメータ32によって取得された発光強度データから、当該エッチング工程開始後一定時間内(時間 t_1 の間)及び当該エッチング工程終了前一定時間内(エッチング工程時間から前記時間 t_2 を差し引いた残りの時間)に得られた発光強度データを除くようにしているので、前記時間 t_1 及び t_2 を適宜適切に設定することで、エッチング進行状態を反映していない時間帯である前記エッチング工程の初期段階及び終期段階の発光強度データを効果的に取り除くことができ、エッチング進行状態を正確に反映したエッチング工程の中間時間帯における発光強度データのみを抽出することができる。

【0064】そして、このようにして抽出された発光強度データを基にエッチング終点の判定を行うことで、正確なエッチング終点を検出することが可能となる。尚、この意味で、前記時間 t_1 は、これをエッチング工程時間の2割から3割程度の時間に設定するのが好ましく、前記時間 t_2 は、これをエッチング工程時間の7割から8割程度の時間に設定するのが好ましい。

【0065】斯くして、本例のエッチング装置1によれば、上記のようにエッチング終点を正確に検出すること

ができるので、例えば、上記SOIウエハにおいても、高精度な形状のエッチング構造物を形成することが可能となる。

【0066】尚、本例の終点検出装置30では、前記発光強度データが基準値 K を設定回数 N だけ連続して越えた場合に、エッチング終点であると判定するように構成したが、これは、発光強度データにノイズが含まれている場合に生じる誤判定の防止を目的としたものであり、発光強度データにノイズが含まれにくい場合には、上記構成とする必要は必ずしも無く、発光強度データの平均値 I が1度でも基準値 K を超えれば、直ちにエッチング終点であると判定するように構成することができる。

【0067】以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明の採り得る具体的な態様は何らこれに限定されるものではない。

【0068】例えば、上例のエッチングの終点判定処理において、各エッチング工程について順次抽出される発光強度データ平均値 I の変化量 ΔI を算出し、算出された変化量 ΔI が予め設定された基準値 K' を設定回数 N だけ連続して越えたとき、エッチング終点であると判定するようにしても良い。

【0069】具体的には、前記エンドポイント検出処理部34が、図3に示した処理に引き続き、図5に示した処理を実行するように構成される。即ち、エンドポイント検出処理部34は、図3に示した処理後、前記ステップS7で格納した発光強度データを前記データ記憶部35から読み出し(ステップS21)、読み出した発光強度データについてその平均値 I を算出して(ステップS22)、算出した平均値 I をデータ記憶部35に格納した後(ステップS23)、前エッチング工程における平均値 I を前記データ記憶部35から読み出し(ステップS24)、前エッチング工程の平均値 I と現エッチング工程の平均値 I との差分をとって変化量 ΔI を算出する(ステップS25)。

【0070】そして、次に、前記算出した変化量 ΔI が、予め設定された基準値 K' を超えたかどうかを確認し(ステップS26)、変化量 ΔI が基準値 K' を超えていない場合には、前記ステップS3以降の処理を繰り返す。一方、変化量 ΔI が基準値 K を超えている場合には、更に、前回の变化量 ΔI が基準値 K' を越えているかどうかを確認し(ステップS27)、前回の变化量 ΔI が基準値 K' を越えている場合には前記カウンタ n を更新し(ステップS28)、前回の变化量 ΔI が基準値 K' を超えていない場合には、前記ステップS2以降の処理を繰り返す。

【0071】次に、エンドポイント検出処理部34は、ステップS28において更新されたカウンタ n が予め設定された回数 N に達したかどうかを確認し(ステップS29)、カウンタ n が設定回数 N に達していない場合には、前記ステップS3以降の処理を繰り返す一方、設定

15

回数Nに達した場合には、エッチングが終了していると判定して、前記制御装置20にエッチング終了信号を送信した後(ステップS30)、前記スペクトルメータ32からのデータの取り込みを終了して(ステップS31)、当該処理を終了する。

【0072】尚、この場合においても、上例と同様に、発光強度データにノイズが含まれにくい場合には、変化量 ΔI が1度でも基準値 K' を越えたとき、直ちにエッチング終点であると判定するように構成することができる。

【0073】また、エッチングプロセスは、 SF_6 ガス及び C_5F_8 ガスの流量、コイル16に印加される高周波電力、基台3に印加される高周波電力といった各エッチング条件をそれぞれ上記範囲で変化させることにより、主としてエッチングの進行する工程と、主として保護膜形成の進行する工程とを交替的に繰り返して実行されるものであれば良く、変化させる上記各エッチング条件を適宜組み合わせる実施することができる。

【0074】即ち、コイル16の印加電力及び基台3の印加電力を一定にして、 SF_6 ガス及び C_5F_8 ガスの流量を上記範囲で変化させるようにしても良く、或いはコイル16の印加電力のみを一定にして、基台3の印加電力並びに SF_6 ガス及び C_5F_8 ガスの流量を上記範囲で変化させるようにしても良く、或いは逆に基台3の印加電力を一定にして、コイル16の印加電力並びに SF_6 ガス及び C_5F_8 ガスの流量を上記範囲で変化させるようにしても良い。

【0075】また、本例では、エッチング工程をe工程から開始してe工程とd工程とを順次繰り返して実施するようにしたが、これに限るものではなく、d工程から開始してd工程とe工程とを順次繰り返して実施するようにしても良い。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係るエッチング装置の概略構成を一部ブロック図で示した断面図である。

【図2】本実施形態における SF_6 ガス及び C_5F_8 ガ

16

スの流量、並びにコイル及び基台に印加される高周波電力の制御状態を示すタイミングチャートである。

【図3】本実施形態に係る終点検出装置の処理手順を示したフローチャートである。

【図4】本実施形態に係る終点検出装置の処理手順を示したフローチャートである。

【図5】本発明の他の態様に係る終点検出手順を示したフローチャートである。

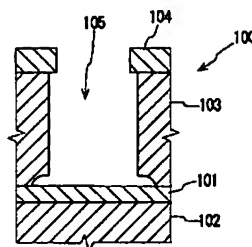
【図6】ガススイッチングエッチング法における特定反応種の発光強度を示したグラフである。

【図7】SOIウエハのトレンチエッチングを説明するための説明図である。

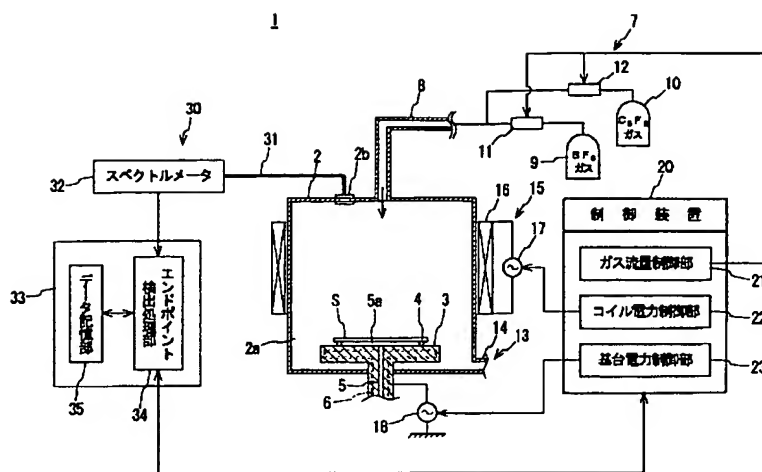
【符号の説明】

- S シリコン基板
- 1 エッチング装置
- 2 エッチングチャンバ
- 2a エッチング室
- 3 基台
- 7 ガス供給部
- 8 ガス供給管
- 9, 10 ガスボンベ
- 11, 12 マスフローコントローラ
- 13 減圧部
- 14 排気管
- 15 プラズマ生成部
- 16 コイル
- 17, 18 高周波電源
- 20 制御装置
- 21 ガス流量制御手段
- 22 コイル電力制御手段
- 23 基台電力制御手段
- 30 終点検出装置
- 32 スペクトルメータ
- 33 処理装置
- 34 エンドポイント検出処理部
- 35 データ記憶部

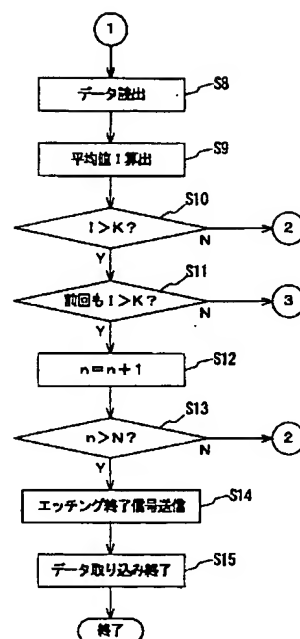
【図7】



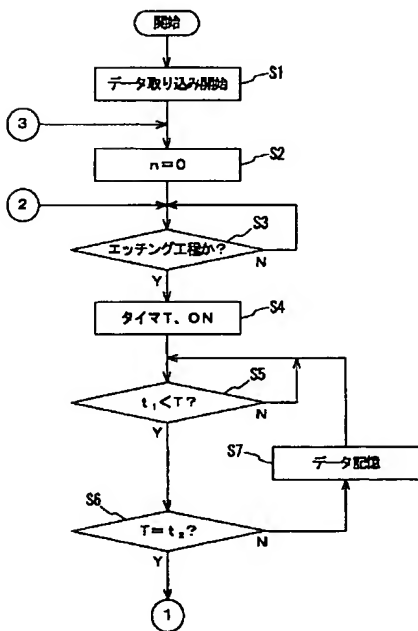
【図1】



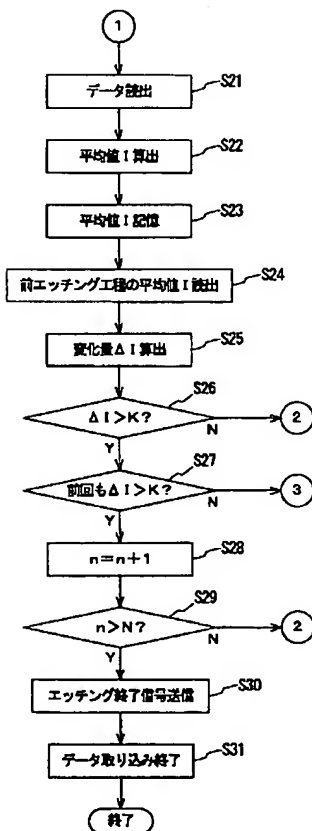
【図4】



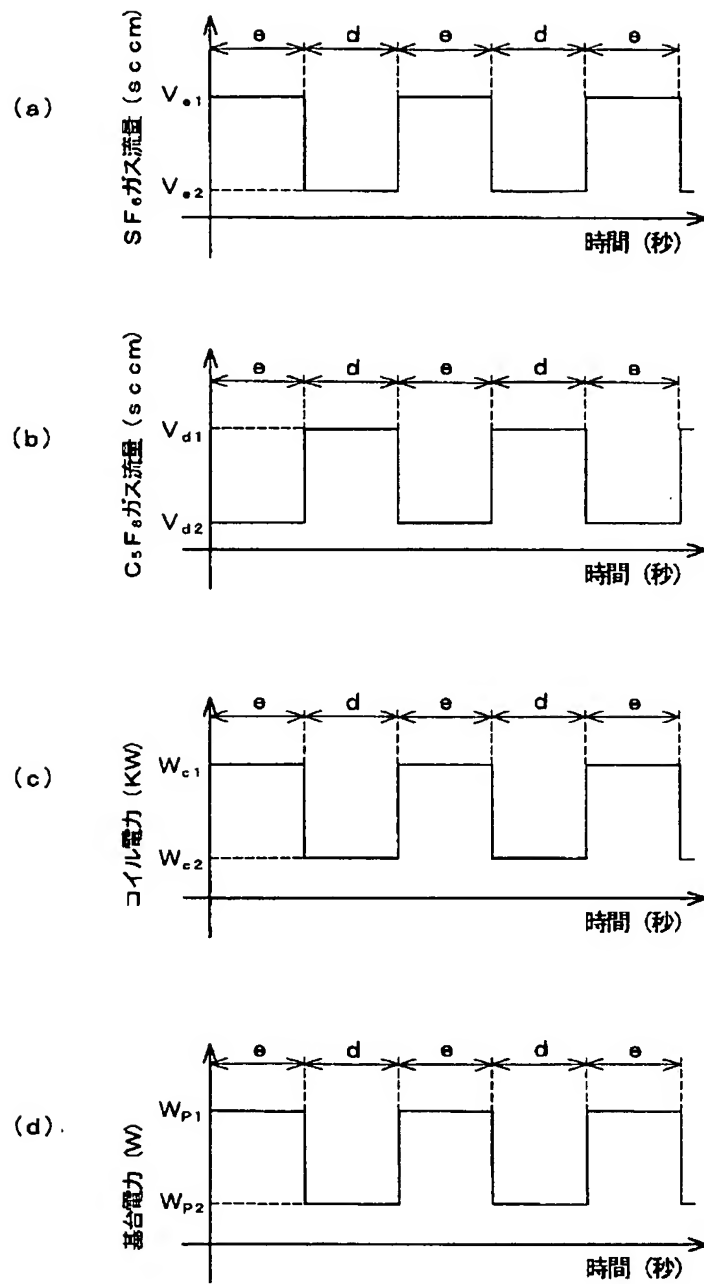
【図3】



【図5】



【図2】



【図6】

